

Анизотропия электромеханических свойств слоистых висмутсодержащих сегнетоэлектриков с высокой степенью текстуры

А.Н. Рыбьянец, И.А. Швецов, Е.И. Петрова, Ю.А. Куприна, О.А. Бунина,
М.А. Мараховский, О.Е. Брыль

*Южный федеральный университет, 344090 Ростов-на-Дону, Россия
e-mail: arybyanets@gmail.com*

Сегнетоэлектрики на основе висмутсодержащих соединений с перовскитоподобной структурой (ВСПС) характеризуются высокими значениями температуры точки Кюри, но низкой электромеханической и пьезоэлектрической активностью, связанными с двумерным ограничением возможных вращений вектора спонтанной поляризации кристаллитов. Для улучшения пьезоэлектрических и электромеханических свойств было предложено использование текстурированных пьезокерамيك ВСПС с высокой степенью преимущественной ориентации кристаллитов [1].

Целью настоящей работы являлось исследование анизотропии электромеханических свойств слоистых висмутсодержащих сегнетоэлектриков с высокой степенью текстуры.

В качестве объекта исследования была выбрана пьезокерамика на основе твердых растворов системы титаната натрия-висмута. Текстурированная пьезокерамика изготавливалась методом одноосного горячего прессования при оптимальном режиме спекания в виде блоков размером 110x110x20 мм. Степень текстуры контролировалась рентгенографическим методом с использованием дифрактометра ДРОН-7, $\text{Co-K}\alpha$ излучения. Микроструктурные исследования выполнялись на полированных поверхностях и сколах пьезокерамических образцов с помощью оптического микроскопа (Neophot - 21) и сканирующего электронного микроскопа (JEOL JSM-6390LA). Для исследования анизотропии электромеханических свойств экспериментальные образцы вырезались и поляризовались параллельно ($E \parallel P$) и перпендикулярно ($E \perp P$) оси давления при горячем прессовании. Измерения диэлектрических, пьезоэлектрических и электромеханических параметров образцов выполнялись на радиальной и толщинной модах колебаний пьезокерамических дисков в соответствии со стандартом IEEE, а также с использованием метода анализа резонансных спектров (PRAP).

На Рисунках 1 и 2 показаны примеры микроструктуры текстурированных образцов пьезокерамики с различной ориентацией оси текстуры.

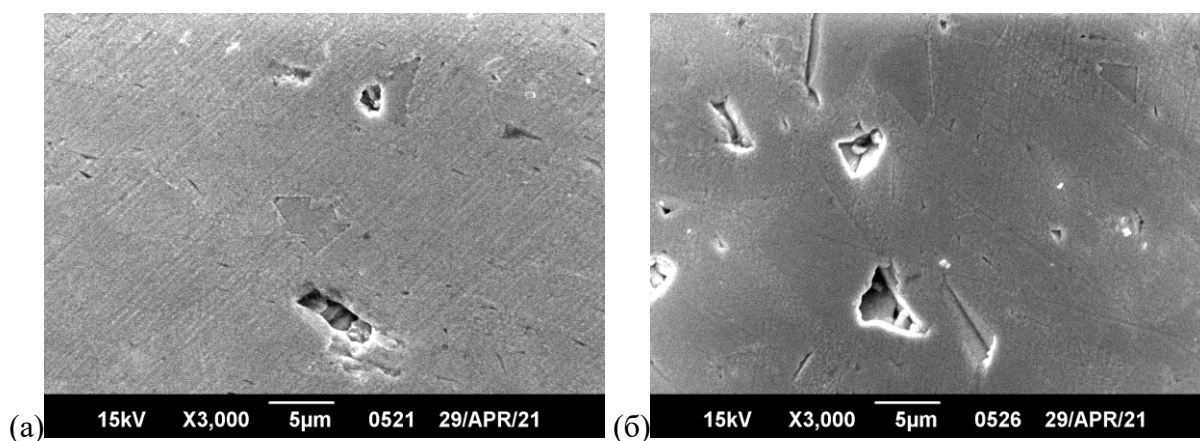


Рисунок 1. SEM микрофотографии полированной поверхности образцов, вырезанных перпендикулярно (а) и параллельно (б) оси текстуры.

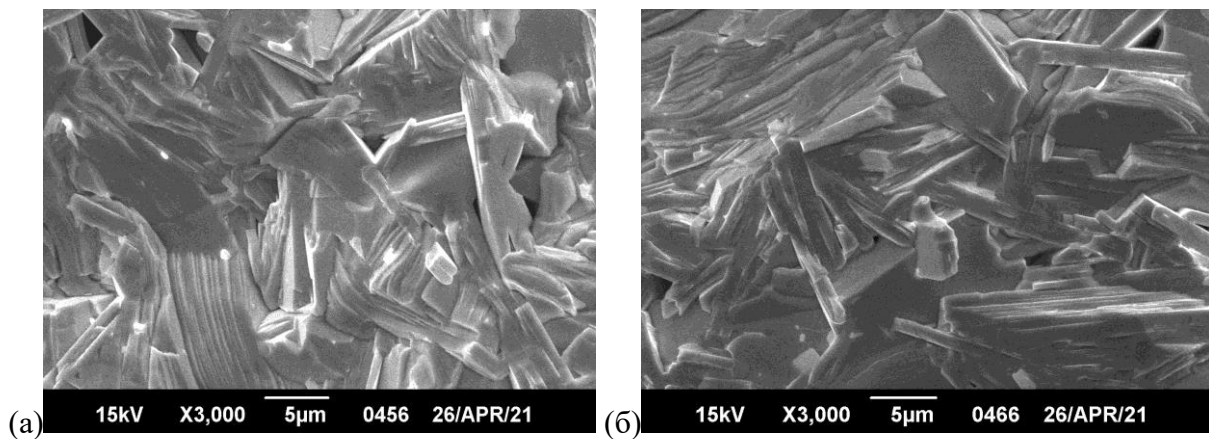


Рисунок 2. SEM микрофотографии скола образцов, вырезанных перпендикулярно (а) и параллельно (б) оси текстуры.

Степень ориентации кристаллитов определялась по отношению интенсивностей линий на дифрактограмме, полученных при одинаковых условиях съемки текстурированного образца с поверхностей, нормаль к которым параллельна и перпендикулярна оси давления при горячем прессовании. В качестве эталона использовался не текстурированный порошок такого же состава. Сравнение результатов рентгенографического анализа подтвердило образование текстуры с преимущественной ориентацией осей с кристаллитов вдоль оси давления Р.

Кристаллиты сегнетокерамики ПКР-50 имеют пластинчатую форму и в случае высокой степени текстуры – преимущественную ориентацию развитых граней кристаллитов в плоскости, перпендикулярной оси давления. Оси с кристаллитов ориентируются при этом преимущественно параллельно оси давления (осевая текстура). Изучение доменной структуры показало, что векторы P_s доменов в этом случае располагаются преимущественно в плоскости, перпендикулярной оси давления [1]. Приложение поляризующего поля к образцам среза ($E \perp P$) практически полностью монодоменизирует кристаллиты текстурированной сегнетокерамики. Для образцов среза ($E \parallel P$) доменная структура практически не меняется, что и подтверждается данными измерений электромеханических параметров (Табл. 1).

Таблица 1. Данные измерений электромеханических параметров.

Ориентация среза	d_{33} (пКл/Н)	d_{31} (пКл/Н)	k_t	k_p	$C_{33}^D, 10^{10}$ (Н/м ²)	$\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0, 10^{-9}$ (Ф/м)
$E \perp P$	34	2.28	0.35	0.03	16.9	1.26
$E \parallel P$	11	1.9	0.05	0.03	13.5	1.14

Температура точки Кюри исследований пьезокерамики, найденная из температурной зависимости диэлектрической проницаемости, составляет 920 К.

В заключении отмечено, что анизотропия пьезоэлектрических и электромеханических свойств пьезокерамики ВСПС определяется характером и степенью, созданной в них кристаллической текстуры.

Уникальное сочетание высоких пьезоэлектрических и электромеханических характеристик текстурированной пьезокерамики с высокой температурой точки Кюри позволило реализовать ультразвуковые преобразователи с рабочей температурой до 775 К.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (научный проект № 0852-2020-0032 (БА30110/20-3-08ИФ)).

1. В.А. Алешин, В.П. Завьялов И.А., В.Г. Крыштоп, О.А. Бунина, В.С. Филиппев, *Журнал Технической Физики* **59** (2), 152 (1989).